

# **Stavba 3D tiskárny RepRap a tvorba kontrolního software**

## **RepRap 3D Printer Construction and Control Software Development**

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Jana Legerská**

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2612R025 Informatika a výpočetní technika

Téma:

**Stavba 3D tiskárny RepRap a tvorba kontrolního software  
RepRap 3D Printer Construction and Control Software Development**

Zásady pro vypracování:

Hlavním cílem bude sestavení OpenSource 3D tiskárny RepRap tisknoucí za pomoci taveného plastu a implementace kontrolního software pro tuto tiskárnu. Sestavení tiskárny se bude sestávat z nastudování plánů stavby tiskárny, vyhledání zdrojů (případně vyrobení) potřebných dílů a z kompletace celé tiskárny. Kontrolní software by pak měl umožňovat spravovat knihovnu 3D modelů tisknutelných na této tiskárně, tisk jednotlivých modelů a správu tiskové fronty.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] HOOD-DANIEL, Patrick a James F KELLY. Printing in plastic: build your own 3D printer. New York, N.Y.: Distributed to the book trade worldwide by Springer Science Business Media, c2011, vxiii, 446 p. Technology in action series. ISBN 978-143-0234-449.
- [2] PRUSA, Josef. Getting started with the RepRap: 3D printing on your desktop. Farnham: O'Reilly. ISBN 978-144-9310-424.
- [3] SINGH, Sandeep. Beginning Google SketchUp for 3D printing. New York: Distributed by Springer Science Business, c2010, xvii, 307 p. ISBN 14-302-3361-3.
- [4] ROEBUCK, Kevin. 3d printing. [s.l.: Emereo Pty. Ltd. ISBN 978-174-3042-700.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Holíš**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



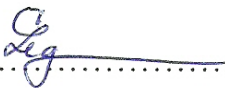
doc. Dr. Ing. Eduard Sojka  
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 *Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava*.

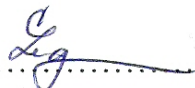
V Ostravě 16. dubna 2013



.....

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Ostravě 16. dubna 2013



.....

Ráda bych na tomto místě poděkovala všem, kteří mi s prací pomohli, protože bez nich by tato práce nevznikla. Obzvláště komunitě RepRapu v České republice.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zaměřena na stavbu 3D RepRap tiskárny a tvorbu kontrolního softwaru. Zvolili jsme typ tiskárny RepRap Mendel Průša iterace 2 s využitím Arduina a RAMPS 1.4. Do Arduina byl nahrán framework Kliment. Aplikace je psána v Javě s využitím knihoven Swing a Process.

**Klíčová slova:** RepRap, 3D tisk, Arduino, Kliment, Mendel, Průša

## **Abstract**

This thesis is focused on building 3D RepRap printer and on developing of control software. We chose printer RepRap Mendel Průša iteration 2 using Arduino and RAMPS 1.4. Framework Kliment was used in Arduino. Application is implemented in Java using Swing and Process library

**Keywords:** RepRap, 3D printers, Arduino, Kliment, Mendel, Prusa

## Seznam použitých zkratek a symbolů

3D	– Trojrozměrný
RepRap	– Replicating Rapid Prototyper
2D	– Dvourozměrný
USA	– United States of America
GDD	– Google Developed Day
M3,M4,M6,M8	– Metrický závit
CC-BY-SA	– Creative Commons - Attribution – Share alike
PTFE	– Polytetrafluoroethylene
SDK	– Software Development Kit
GND	– Ground
USB	– Universal Serial Bus
SLS	– Selective Laser Sintering
FDM	– Fused Deposition Modeling
SLA	– Stereolitography
EBM	– Electronic Beam Melting
SQL	– Structured Query Language

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>4</b>
1.1	Struktura práce . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Druhy 3D tisku</b>	<b>5</b>
2.1	SLS - Selective Laser Sintering . . . . .	5
2.2	FDM - Fused Deposition Modeling . . . . .	5
2.3	SLA - Stereolitography . . . . .	5
2.4	EBM - Electronic Beam Melting . . . . .	5
2.5	Laminační 3D systémy . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Druhy RepRapu</b>	<b>6</b>
3.1	Darwin . . . . .	6
3.2	Mendel . . . . .	7
3.3	Huxley . . . . .	9
3.4	Další verze RepRap . . . . .	10
3.5	Eventorbot . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Druhy tiskového materiálu pro RepRap</b>	<b>12</b>
4.1	ABS . . . . .	12
4.2	PLA . . . . .	12
<b>5</b>	<b>Stavba RepRapu</b>	<b>13</b>
5.1	Stavba konstrukce . . . . .	13
5.2	Stavba extrudéru a trysky . . . . .	13
5.3	Sestrojení elektroniky . . . . .	14
5.4	Oživování elektroniky . . . . .	15
5.5	První tisk . . . . .	17
5.6	Kalibrace RepRap . . . . .	18
<b>6</b>	<b>Software</b>	<b>19</b>
6.1	Architektura řešení . . . . .	19
6.2	Knihovna tříd RepRap_ mappers . . . . .	20
6.3	Uživatelské rozhraní kontrolního softwaru . . . . .	22
6.4	Samotná aplikace RepRap . . . . .	25
<b>7</b>	<b>Použití aplikace - návod</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>Závěr</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>Reference</b>	<b>30</b>

## Seznam obrázků

1	RepRap Darwin . . . . .	6
2	RepRap Mendel . . . . .	7
3	RepRap Mendel Průša . . . . .	8
4	RepRapPro Mendel . . . . .	9
5	RepRap Huxley . . . . .	9
6	Printrbot . . . . .	10
7	Cartesio . . . . .	11
8	Eventorbot . . . . .	11
9	Konstrukce . . . . .	13
10	Tryska . . . . .	14
11	Vzhled prostředí na programování Arduina . . . . .	16
12	Vzhled prostředí programu Pronterface . . . . .	17
13	Vzhled prostředí Slicer . . . . .	18
14	Architektura řešení . . . . .	19
15	Stručný UML diagram entit . . . . .	20
16	UML diagram tříd mappers . . . . .	21
17	Okno přihlášení . . . . .	22
18	Okno registrace . . . . .	22
19	Chybová hláška: Při zadání špatné délky telefonního čísla . . . . .	23
20	Úspěšné přihlášení . . . . .	23
21	Chybová hláška: Při špatném loginu nebo heslu . . . . .	23
22	Hlavní okno . . . . .	23
23	Okno pro přidání dalšího předmětu . . . . .	24
24	Okno pro přidání předmětu do databáze . . . . .	24
25	Okno pro přidání nové tiskárny . . . . .	24
26	Třída PripojeniRepRap . . . . .	25
27	Třída Data . . . . .	26



## Seznam výpisů zdrojového kódu

1	SQL dotazy ve třídě Fronta. . . . .	18
2	SQL dotazy ve třídě Fronta. . . . .	21
3	Metoda spustitisk() využívající knihovnu Process . . . . .	25
4	Přihlášení . . . . .	26
5	Spuštění tisku 1.předmětu ve frontě . . . . .	27

# 1 Úvod

Tato práce je zaměřena na sestavení plně funkční 3D tiskárny RepRap Mendel Průša iterační 2 a kontrolního softwaru. Kontrolní software slouží pro správu tiskové fronty. Je implementována v Javě s použitím scriptu v Pythonu a dávkového souboru s příponou .bat, které slouží k propojení tiskárny a softwaru. RepRap je sestaven s extrudérem "Wade's Geared Extruder", tryskou na 3mm vlákno, deskou Arduino a RAMPS 1.4 s frameworkem Kliment. Jako každý RepRap, je i ten náš, poskládaný z vytištěných dílů na jiném RepRapu.

Zkratku RepRap si můžeme rozložit na tři slova REplicating RAPid Prototyper, což je čistě přeloženo jako "rychle kopírovat prototyp". Tiskárna se umí sama replikovat. Nebo-li dokáže vytisknout díly na další RepRap tiskárnu. Jedná se ovšem jen o plastové díly pro stavbu konstrukce či extrudéru, ale i tak je obdivuhodné, že něco dokáže vytvořit "samo sebe".

RepRap je Open Open Source projekt, což znamená, že vše je volně dostupné a zdarma. Každý poskytuje své vylepšení tiskárny, tak různých programů týkajících se RepRapu.

Předchůdcem 3D tisku jako takového je stereolitografie, kterou si nechal patentovat Charles Hull v roce 1986. Poté v roce 1988 vydal první verzi pro veřejnost, která nesla název SLA-250. Hned se stereolitografie stala populární a začly vznikat další technologie tisku jako je SLS a FDM. V roce 1996 vznikly produkty "Genisys", "ACTua 2100" a "Z402", a poprvé se začal vyskytovat název "3D tiskárna".[3]

V roce 2006 nastal průlom otevřeného projektu zvaného RepRap, který dokázal tisknout plastové díly. O toto se postaral Dr. Adrian Bowyer ve Velké Británii na univerzitě "University of Bath". V roce 2008 byla vydána první verze RepRapu nazvaná "Darwin". Koncem roku 2009 se vydává druhá generace RepRapu nazvaná "Mendel" a o rok později poté "Huxley". [1]

## 1.1 Struktura práce

3D tisk všeobecně, jako jsou druhy 3D tisku, se dočteme v kapitole 2. V kapitolách 3 a 4 se dozvíme o momentálních typech RepRapu a používaných tiskových materiálech pro RepRap. Popis sestavení tiskárny a informace k sestavení, až po samotný první tisk, nalezneme v kapitolách 5 a 5.5. Popsané GUI spolu s vysvětlením zdrojového kódu aplikace se dočteme v kapitolách 6.3 a 6. Pro zprovoznění softwaru vznikl krátký návod s popisem přiloženého archivu, který nalezneme v kapitole 7. V přiloženém souboru, či CD máme přiloženou složku s fotografiemi 3D RepRapu. Na funkční tisk naší tiskárny se můžeme podívat na youtube.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Video naleznete na stránkách: <http://www.youtube.com/watch?v=omHp1lcJLvo>

## 2 Druhy 3D tisku

Existuje několik druhů 3D tisků využívající různé metody. Můžeme je rozdělit od cenově přístupných až k drahým, či laboratorních. Pro užití mimo laboratoř je vhodná metoda FDM. Naopak mezi ty nepřesnější pro použití v laboratořích je metoda EBM.

### 2.1 SLS - Selective Laser Sintering

Tato metoda je jedna z nejstarších, ale také jedna z nejdražších. Vynalezl ji doktor Charlem Deckard. Výrobce těchto tiskáren je společnost v USA s názvem 3D Systems. Dokáže zpracovávat spektrum komerčních materiálů dodávaných v práškové formě jako je plasty, kov a dokonce sklo. Funguje pomocí vysoce výkonného laserového paprsku, který taví a spéká jemné zrnka tiskového materiálu. Tato metoda zpracovává materiál po vrstvách.

### 2.2 FDM - Fused Deposition Modeling

Tuto metodu využíváme u naší RepRap tiskárny. Také se zpracovává po vrstvách. Tiskovým materiálem je plast, který se v trysce roztaví a vytlačuje se ven. Je to nejpoužívanější druh 3D tisku. Jeho funkčnost si můžeme přirovnat například k tavící pistoli. 3D objekt se rozdělí na 2D vrstvy, podle kterých pak jezdí tryska po vrstvách, a tiskne na podložku. Tyto tiskárny dodávají firmy jako například: Stratasys nebo EasyCNC.

### 2.3 SLA - Stereolithography

SLA byla vynalezena Charlesem W. Hullem v roce 1986. Patří mezi dražší tiskárny. Princip je podobný technologii SLS. Využívá ultrafialový laserový paprsek, který vykresluje vrstvu na hladinu polymerové tekutiny, vytvrzované UV světlem. Po dokončení vrstvy je objekt ponořen do polymeru a začne tisk další vrstvy. Tyto tiskárny opět dodává 3D Systems.

### 2.4 EBM - Electronic Beam Melting

Tato technologie má výjimečnou přesnost a vynikající vlastnosti tištěných prvků. Tisk je velmi náročný, a proto není tato metoda hodně rozšířená. Využívá usměrněného proudu elektronů, vháněných do titanového prachu. Ceny strojů jsou obrovsky vysoké, protože se tisk musí provádět ve vakuu.

### 2.5 Laminární 3D systémy

Tato technologie se kvůli přijatelné ceně dostává do popředí zájmu. Funguje laminováním plátů materiálů na tištěný objekt a následné oříznutí přebývajících materiálů laserem nebo mechanicky. [2]

### 3 Druhy RepRapu

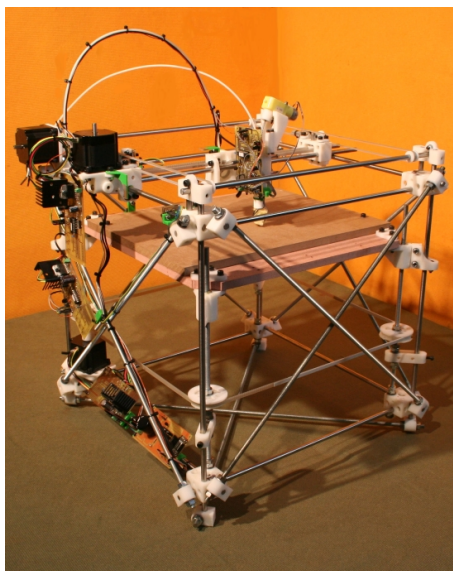
Tiskárna RepRap, postavená doma obyčejným uživatelem, se od ostatních liší. Každý RepRap je prototypem, který vychází z určité verze. Uživatelé si svůj RepRap při stavbě vylepšují, nebo také řeší jinak. RepRap je sám sebe replikující. Základem jsou tištěné díly, vytištěné na jiné RepRap tiskárně. Modely pro tisk na stavbu tiskárny jsou volně dostupné.

#### 3.1 Darwin

Darwin je nejstarší 3D RepRap tiskárna. Pojmenována po britském přírodovědci a spisovateli, který se proslavil jako zakladatel teorie evoluce. RepRap Darwin byl vydán v roce 2007. V dnešní době se tato tiskárna již nestaví, protože má monstrózní rozměry s ne úplně optimálními vlastnostmi. Má následující charakteristiky:

<b>Hmotnost</b>	cca 14kg
<b>Vnější rozměry</b>	šířka 600 mm x 520 mm hloubka a 650 mm vysoká
<b>Potřebné napájení</b>	6A max, 3A spojitých 12V DC.
<b>Počítačové rozhraní</b>	USB
<b>Přesnost polohování</b>	0,1mm
<b>Pracovní objem</b>	nominálně 230mm(x) x 230mm (y) x 100mm (z)
<b>Manipulace s materiálem</b>	2 pevně nastavené extrudéry, vyměňuje uživatel
<b>Materiál na tisk</b>	PCL

Vzhled verze Darwin vidíme na obrázku 1



Obrázek 1: RepRap Darwin

### 3.2 Mendel

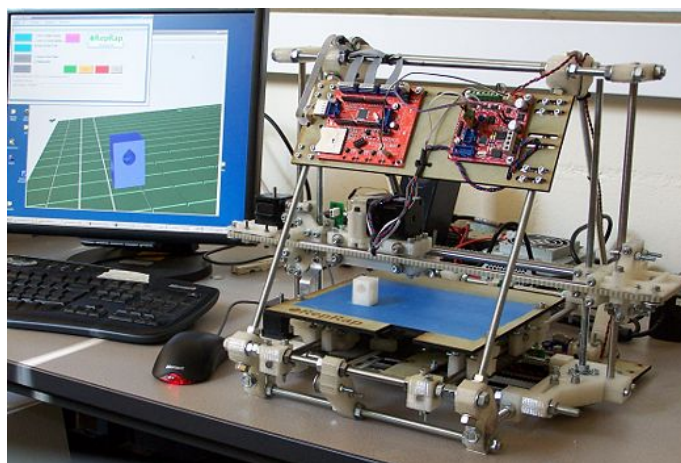
Mendel je druhá, vylepšená verze RepRapu, která nahradila verzi Darwin. Pojmenována je po otci genetiky Mendelovi. K sestrojení je dostupná od roku 2009. Tato tiskárna by byla favoritem pro stavbu RepRapu, kdyby nevyšla verze Mendel Průša. Mendel se dále rozšířil o další typy. Jako je "Mendel Průša" a "RepRapProMendel".

<b>Roční náklady</b>	Příležitostní olejování
<b>Velikost</b>	500mm x 400mm x 360mm
<b>Hmotnost</b>	7 kg
<b>Materiál na tisk</b>	PLA, HDPE, ABS (používá se vlákno o průměru 3mm)
<b>Přesnost polohování</b>	0,1mm

Porovnání Mendela oproti Darwina:

- Větší objem tisku a menší rozměry stroje
- Jednodušší montáž
- Lehčí a přenosná konstrukce
- Lepší účinnost os

Vzhled verze Mendel vidíme na obrázku 2.



Obrázek 2: RepRap Mendel

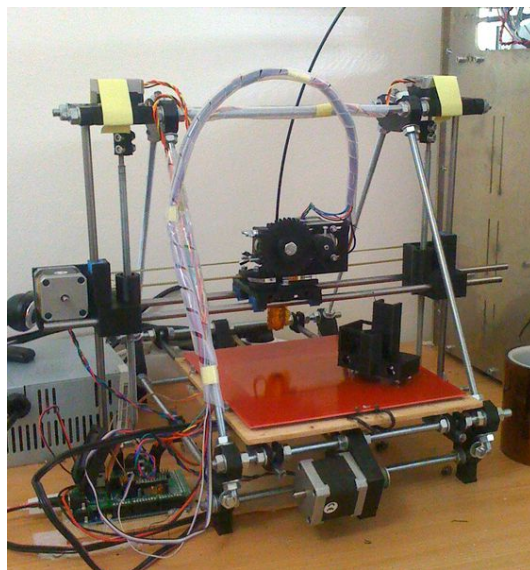
### 3.2.1 Mendel Průša

Tento typ je pro nás zajímavý, protože byl stvořen čechem v roce 2010. Má zjednodušenou konstrukci, která i výrazně ubírá na pořizovací ceně. Autor se jmenuje Josef Průša a pochází z Prahy. Při vzniku tiskárny studoval na VŠ ekonomické v Praze. Momentálně přednáší na dvou českých univerzitách. Mohli jste se s ním setkat například na GDD v Praze v roce 2011, kde měl krátkou přednášku (Ignite). Jeho přednášku si můžeme pustit na internetu. [9]

Průša Mendel má již 3 iterace. Poslední iterace vyšla koncem roku 2012. 1. iterace používá k pojezdu plastové "vozíky". 2. iterace pak lineární ložiska. Výhody 3. iterace je lepší vzhled a méně plastových částí na konstrukci. Seznam vylepšení oproti klasickému Mendelu:

- pojezdy (plastové, lineární ložiska)
- druhou desku nahradilo přímo vyhřívané lůžko
- použití profesionálních řemenic
- Většina šroubů M4 byla nahrazena šrouby M3

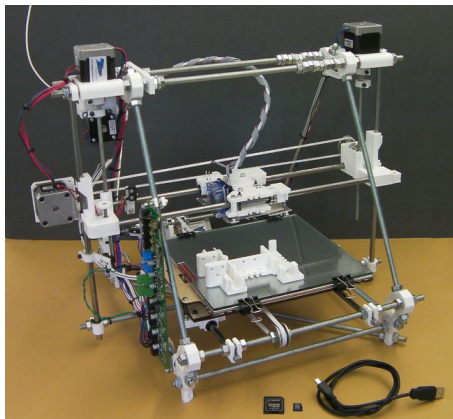
Vzhled Mendel Průša máme zobrazen na obrázku 3.



Obrázek 3: RepRap Mendel Průša

### 3.2.2 RepRapPro Mendel

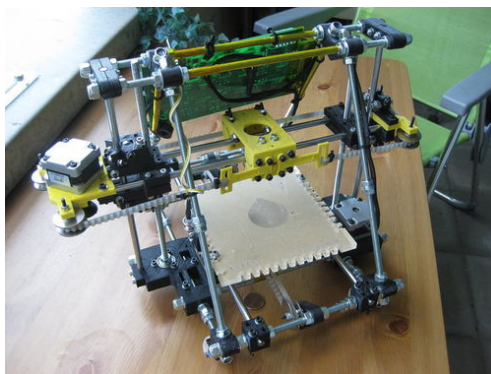
Tato verze je vylepšení verze Průša Mendel. Byl navržen pro více extrudéru. Tímto vznikla první barevná 3D tiskárna, kde každý extrudér má vlákno jiné barvy. Vznikla nedávno, proto není moc rozšířená. Vzhled vidíme na obrázku 4



Obrázek 4: RepRapPro Mendel

### 3.3 Huxley

Huxley je 3.verze RepRapu pojmenována po biologovi Thomasi Henry Huxley. Přístroj používá závitové tyče M6 a M3 (pro porovnání, verze Mendel Průša používá tyče M8). Vytisknuté RepRap díly mají pouze 30% objemu oproti Mendelovi. RepRap má úmysl obě verze rozšiřovat zároveň. Huxley bude zaměřená na rychlost a Mendel bude univerzální. Tato verze byla vydána v roce 2010. Vzhled této tiskárny máme na obrázku 5.



Obrázek 5: RepRap Huxley

### 3.4 Další verze RepRap

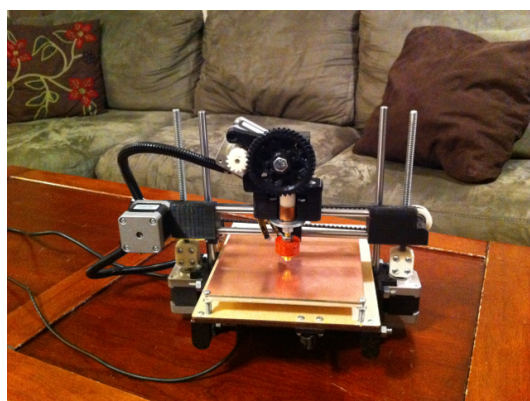
RepRap má ještě další verze, ovšem pod licencí CC-BY-SA. Licence umožňuje kopie prodávat, ovšem další modifikace musí být pod touto licencí. Seznam dalších verzí:

- Printrbot
- Eventorbot
- Cartesio

#### 3.4.1 Printrbot

Verze Printrbot je považována za nejlevnější a nejjednodušší RepRap tiskárnu na světě. Jejím autorem je uživatel pod přezdívkou "abdrumm". Vzhled je zobrazen na obrázku 6. Printrbot je ve třech provedeních:

- Printrbot Original
- Printrbot Junior
- Printrbot Senior

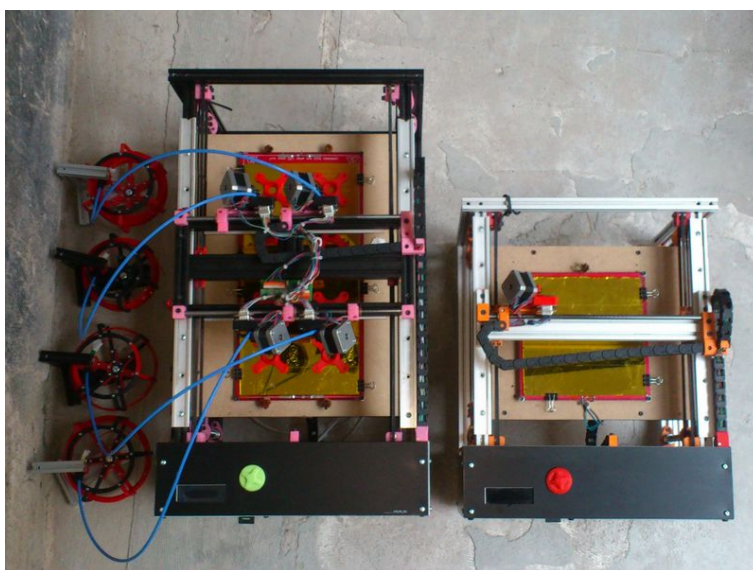


Obrázek 6: Printrbot

#### 3.4.2 Cartesio

Cartesio patří do profesionální třídy 3D tiskáren. Nejnovější verze má označení v0.8. Autorem je uživatel pod přezdívkou "jos". Mezi její výhody patří pevná konstrukce. Využívá více extruderů. Zakoupit vše k ní, či sestavenou tiskárnu můžeme na [www.mauk.cc](http://www.mauk.cc). Na vzhled této tiskárny se můžeme podívat na obrázku 7.





Obrázek 7: Cartesio

### 3.5 Eventorbot

Eventorbot je pevný a 80% dílů tiskárny je vytištěných. S jediným ocelovým rámem eliminuje 40%, které ostatní 3D tiskárny používají pro konstrukci. Má sourozence, pod názvem Richar Taylor, s malými úpravami.[4]Vzhled této tiskárny je na obrázku 8.



Obrázek 8: Eventorbot

## 4 Druhy tiskového materiálu pro RepRap

RepRap používá pro tisk dva druhy plastu. Plasty jsou dodávány v podobě vlákna, o tloušťce 3mm nebo 1,75mm, v různých barvách. Ovšem každá barva ovlivňuje vlastnosti plastu. Vláknem se vybírá podle typu trysky.

### 4.1 ABS

Zkratka pochází z názvu: "Akrylonitril-butadien-styren"[5]. ABS je termoplast, který může být vstřikován nebo vytlačován. Je mimořádně pevný. Tento plast využívá i výrobce LEGO pro stavbu svých kostek. Taví se při teplotách v rozmezí 215–250°C (pozor barvivo má taky vliv na nastavení teploty). ABS plast má dva druhy:

- červený ABS - začíná se tavit při nižší teplotě a to 215°C
- přírodní ABS - taví se při teplotě okolo 230°C

ABS plast při tisku na RepRapu musí být nanášen na vyhřívané lůžko, aby se na tisknoucí plochu krásně přilepil. Je mnoho způsobů na jaký povrch lze nanášet. Většinou je základem sklo, které se potáhne například kaptonovou páskou (tuto metodu jsme zvolili na naši tiskárnu) nebo sklo potříť speciálním nátěrem, či dokonce někdo sklo stříká lakem na vlasy.

Cena se pohybuje okolo 420,- za kilo materiálu v podobě 3mm vlákna.

### 4.2 PLA

Zkratka pochází z názvu: "Polylactic acid"[6]. PLA materiál je přírodní materiál vyroben z biomasy, jako je například i kukuřice. Na pohled a omak není rozeznatelný od plastu vyrobeného z ropy. Má dokonce i stejné vlastnosti, jako například: pružnost, tvrdost atd. Ovšem na rozdíl od ostatních plastů je rozložitelný, dá se zkompostovat, či přeměnit na biomasu. Není zátěž pro životní prostředí. PLA je bez alergenů a bez chuti. Vhodný pro použití s potravinami, je zdravotně nezávadný. [7]

V RepRapu nepotřebuje vyhřívané lůžko. Oproti ABS plastu se taví při nižších teplotách. Pro použití do RepRap tiskárny je více druhů z různými vlastnostmi.

Druhy PLA plastu pro tisk:

- 4032D - vyžaduje vysoké teploty, až okolo 230°C
- 4042D - je vytlačován u teploty 190°C
- 4043D - vhodná teplota pro tisk je 180°C

PLA materiál lze tisknout na velmi lehce naolejovaný list polykarbonátu/Lexan. Dokonce někteří tiskovou plochu potírají citronovou šťávou.

Cena je podobná, jako u ABS plastu okolo 420,- za kilo materiálu v podobě 3mm vlákna.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Cena vypočítána z obchodu dostupného na: [www.reprapworld.com](http://www.reprapworld.com)

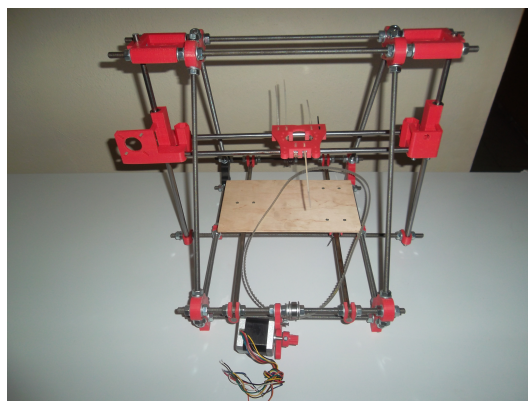
## 5 Stavba RepRapu

Při začátku stavby neexistovala iterace 3, proto jsme stavěli RepRap Průšu iterace 2. Ovšem návod na stavbu je pouze na iteraci 1. Pokud mohu doporučit přečtete si důkladně celý návod a poznačte si postupy s rozdíly. Poté nemusíte tiskárnu zbytečně pořád rozebírat a skládat znovu.<sup>3</sup>

Po vytvoření seznamu dílů, jsme začali provádět nákupy. Na nákup materiálu si vyhradíte asi měsíc času, protože nejvíc dílů se objednává z Holandska. Někteří kutilové jsou schopni si díly vytvořit i doma.

### 5.1 Stavba konstrukce

První stavba rámu a osy Y je skoro stejná, jak ve výše uvedeném návodu. Na rozdíl od iterace 1, která používá plastové PLA pojezdy, my používáme lineární ložiska. Na toto musíme při stavbě neustále myslet. PLA pojezdy se nacvakují na hlazené tyče, a ložiska se musí navléct. Stavba iterace 2 tím pádem probíhá opačným postupem. Při stavbě se musí plastové díly opílovávat, či provrtávat díry. Tato část zabere asi nejvíce času. Hotová konstrukce by pak měla vypadat jako na obrázku 9.



Obrázek 9: Konstrukce

### 5.2 Stavba extrudéru a trysky

Na stavbu extrudéru jsme si opět našli návod<sup>4</sup>. Zvolili jsme extrudér "Wade's Geared Extruder". Extruder je připojen na trysku a řídí dávkování plastu do trysky. Jeho sestavení je trochu složitější kvůli šroubu, který slouží jako "podavač plastu". Zde se musely vysoustružit zoubky. Dále se naskytl problém v tom, že tištěná část používá klasický M8 šroub, ale v tištěném ozubeném kole je sice M8 šroub, ale se 14mm hlavou. Proto jsme

<sup>3</sup><http://garyhodgson.com/reprap/prusa-mendel-visual-instructions/>

<sup>4</sup><http://garyhodgson.com/reprap/wades-geared-extruder-visual-instructions/>

zvolili úpravu šroubu doma, aby hlava lépe seděla, a nehrozilo protočení hlavy šroubu v ozubeném kole.

Na trysku našeho typu neexistuje žádný návod a popis. Trysku jsme skládali intuitivně, a proto se naskytl problém. Zničili jsme tepelnou bariéru. Dodání dílů z Holandska trvá dlouhou dobu, a proto jsme se rozhodli zkusit vyrobit tepelnou bariéru z PTFE plastu (Teflonu) doma. Podařilo se úspěšně. Poskládanou trysku vidíme na obrázku 10. Poté trysku připevníme k extrudéru. Již nám nic nebrání celý komponent zasadit do tiskárny na osu X.



Obrázek 10: Tryska

### 5.3 Sestrojení elektroniky

Elektroniku jsme si před stavbou určili. Existuje více typů, pro nás hrála roli přístupnost dílů. Pro ovládání jsme zvolili Arduino, což je platforma založená na procesoru ATMega od firmy Atmel. Využili jsme české krokové motorky od firmy Microcon.

#### 5.3.1 Řídící elektronika

Pololu A4988 je ovladač, který umožňuje mikrokrokování bipolárního krokového motoru. Je vybaven nastavitelným proudovým omezením (Trimrem, kterým lze upravovat proud tekoucí do motorku). Tyto Pololu můžeme zakoupit v takzvaném "polotovaru", kde stačí připájet nožičky na zasunutí do desky RAMPS 1.4.

Do desky Arduino, kterou jsme si objednali už kompletní, je třeba zasunout RAMPS 1.4. Zapojení RAMPS 1.4 je velmi dobře popsáno přímo na desce, nebo lze nakouknout také na schéma zapojení.<sup>5</sup> Na čelo tiskárny jsme připevnili dřevěnou překližku, kde skládáme elektroniku.

#### 5.3.2 Upravení zdroje

Dále je potřeba upravit ATXový zdroj. Stačí odšroubovat kryt zdroje a odstříhat všechny nepotřebné dráty. Necháme tedy jen žlutý (+12V) a černý (GND). Nesmíme zapomenout na spojení zeleného drátu se zemí, aby se zdroj vůbec spustil. Poté si dráty ze zdroje připájíme na předem připravený drát. Pro zdroj jsem zvolila drát CYA 1,5. Vytvoříme 4

<sup>5</sup>Schéma nalezneme na: <http://reprap.org/wiki/File:Rampswire14.svg>

vývody, 2krát žlutý 12V (v našem případě je prodloužení vytvořeno na červeném drátu, z důvodu nemožnosti koupit žlutou barvu) a 2krát černý GND. Toto přivedeme do svorek na desce RAMPS 1.4.

### 5.3.3 Zapojení krokových motorků

Na zapojení motorků se použije bipolární sériové zapojení. Toto vytvoříme propojením drátu červený s hnědým, a zelený se žlutým. Do řídicí jednotky RAMPS 1.4 přivedeme modrý, bílý, černý a oranžový. Na RAMPS desce si můžeme všimnout popisků 2B, 2A, 1A, 1B. Při tomto značení použijeme zapojení barev: 2B - modrý 2A - bílý 1A - černý 1B - oranžový

Na konec každé čtveřice drátu od každého motoru je třeba připevnit SDK-PI. Ten se nasune do SDK-4 miniaturního počítačového konektoru. Poté se konektor připevní na určené místo RAMPS desky.

Osa Z využívá dva krokové motorky. Zde je doporučeno propojit motorky předem, a přivést do desky jen jeden konektor. Nám se to zdálo zbytečné, protože naše RAMPS deska obsahuje dva konektory pro osu Z.

### 5.3.4 Zapojení endstopů

U zapojení mikrospínačů používáme jen krajní piny. Prostřední pin zůstává volný. Na instalujeme jeden na každou osu jako endstop, aby tiskárna věděla, že je na konci osy. Zde se naskytl problém. Mikrospínač potřeboval velikost šroubu M2,5. Takto malý šroub nebyl k sehnání v potřebné délce, aby byl schopný provléct mikrospínač a vytištěný plastový držák. Proto jsem zde závitníkem vyvrtali díru na M3. A vše je teď bez problému.

### 5.3.5 Tepelné lůžko

Na sestavení tepelného lůžka není nic obtížného. Pouze se připevní termistor, který přivedeme na RAMPS 1.4, a napájení. Na tepelné lůžko připevníme sklo. Sklo slouží k vytvoření rovného povrchu, protože nahřátá deska se prohýbá.

## 5.4 Ožívání elektroniky

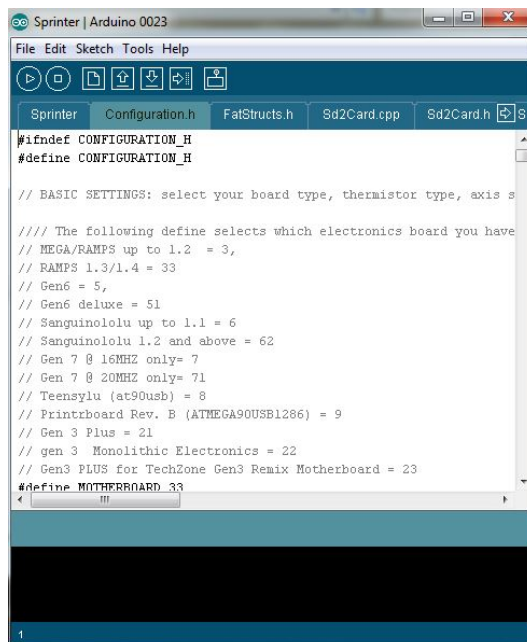
Při prvním zapojení a ožívání nemějte připojeny žádné vodící prvky (řemeny, závitové tyče na ose Z). Nikdy nevíte co se bude při ožívání dít. Za zničenou tiskárnu to nestojí. Připojíme vše jak vidíme na schématu <sup>6</sup>. Zdroj ještě nezapínáme, první nahrajeme firmware.

### 5.4.1 Nahrání firmware

Pro naši tiskárnu jsme zvolili firmware nazvaný Kliment Sprinter. Existují i jiné jako například Teacup, Sijfw, Marlin a další. Začneme stažením prostředí pro programování

<sup>6</sup>Schéma nalezneme na: <http://reprap.org/wiki/File:Rampswire14.svg>

desky Arduino<sup>7</sup>. Po stažení provedeme instalaci, kde se nám vytvoří virtuální seriový port přes USB. Vzhled prostředí vidíme na obrázku 11



Obrázek 11: Vzhled prostředí na programování Arduina

Ted' nastal čas připojit desku pomocí USB k počítači. Spustíme vývojové prostředí a načteme zde Klimenta, který je volně dostupný na githubu.<sup>8</sup> Upravíme soubor Configuration.h. Podle komentářů ve zdrojovém kódu nastavíme parametry naší tiskárny. Stiskneme tlačítko "Verify", kterým se provede překlad. Pokud byl úspěšný, stikneme tlačítko "Upload", čímž nahrajem firmware do desky.

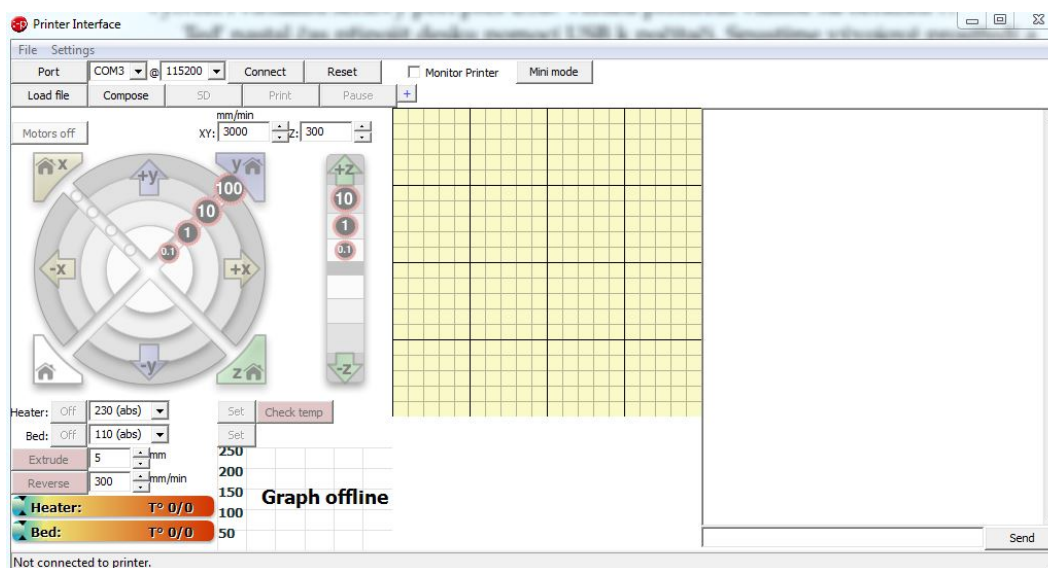
#### 5.4.2 Testování před celkovým zapojení

Přišel čas oživit celou elektroniku na tiskárně. Použijeme program Pronterface, který nám poté může sloužit i k tisku.<sup>9</sup> Jeho vzhled vidíme na obrázku 12. Začneme nastavením Portu a přenosové rychlosti, která musí být stejná jako jsme nahráli v Klimentovi. Spustíme zdroj a stiskneme Connect. Lze testovat pohyb motorků pomocí šipek v levé části, a vyzkoušet nahřívání trysky a tepelného lůžka. Po otestování zapojíme vodící prvky, a testujeme tiskárnu sestavenou.

<sup>7</sup>Nalezneme ho na stránce <http://www.arduino.cc/en/Main/software>

<sup>8</sup>Kliment ke stažení zde: <https://github.com/kliment/Sprinter>

<sup>9</sup>Ke stažení zde: <http://koti.kapsi.fi/~kliment/printrun/>



Obrázek 12: Vzhled prostředí programu Pronterface

## 5.5 První tisk

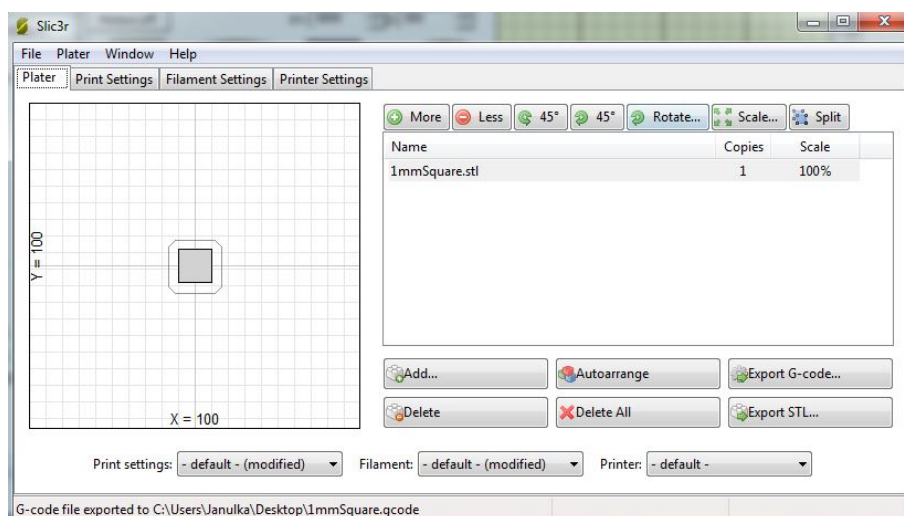
Do Pronterfacu lze nahrát soubory typu .gcode. Ovšem 3D modely máme v souboru s příponou .stl. K tomuto převodu slouží program nazvaný Slic3r. Slic3r převede obrázek do jazyku, kterému tiskárna rozumí. V tomto programu se nastavují bližší nastavení přímo k Vaší tiskárně a tisku. Slic3r je jako vše ostatní volně ke stažení<sup>10</sup>. Tady si s nastavením musíme důkladně pohrát.<sup>11</sup> Ukázku vzhledu slic3r máme na obrázku 13. Slic3r se skládá ze 4 částí nastavení. První záložku budeme používat nejčastěji, zde se totiž vkládají 3D modely a generujeme se .gcode.

Pro první testování použijeme tisk čtverečku, tisk netrvá dlouho a lze na něm dobře vidět jak tiskárna tiskne. Pro jeho stažení použijeme databázi na stránkách <http://www.thingiverse.com/>, kde je shromážděno tisíce 3D modelů pro 3D tiskárny.

Po vytištění dokonalého čtverečku se můžeme pustit do dalších větších věcíček. Sklenice, brýlí a nejvíce tisknutelné funkční písťalky. Skoro každý tvůrce RepRapu začíná písťalkou, protože je funkční a má uprostřed kuličku.

<sup>10</sup>Slicer je dostupný ke stažení zde:<http://slic3r.org/>

<sup>11</sup>Pokud jste v angličtině slabší lze využít návod na youtube:<http://www.youtube.com/watch?v=3JBaHeGO6f0&list=LLzGjbgDK-ae7O6sNRfhnwNw>



Obrázek 13: Vzhled prostředí Slicer

## 5.6 Kalibrace RepRap

Kalibraci provádíme v počátečním Firmwaru, úpravou souboru Configuration.h. Zde většinou měníme údaj o dávkování 1mm plastu. Tento řádek vidíme na ukázce kódu 1.

---

```
#define _AXIS_STEP_PER_UNIT {80, 80, 3200/1.25,800}
```

---

Výpis 1: SQL dotazy ve třídě Fronta.

Poslední číslo měníme pro změnu dávkování plastu. S kalibrací je si třeba pohrát a zkoušet. Menší doladění jdou poté ladit přímo ve Slic3eru.



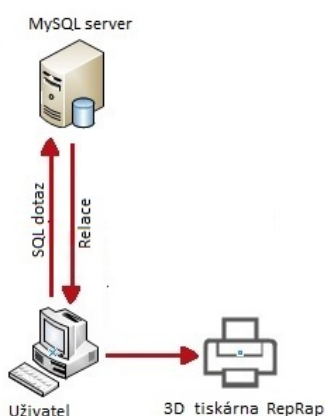
## 6 Software

Sestrojili jsme kontrolní software 3D tiskárny RepRap, který spravuje frontu předmětů k tisku. Každý uživatel se musí přihlásit, či registrovat. Žádosti k tisku do fronty můžeme přidávat kdykoliv i během tisku. Hned po odebrání vytištěného předmětu z tiskárny se automaticky spustí tisk dalšího předmětu ve frontě. Pro správu databáze a její uložení nám bude sloužit MySql.

### 6.1 Architektura řešení

Na obrázku 14 vidíme architekturu řešení. Skládá se z:

- MySQL server - Úložiště databáze
- Uživatel - Osoba, zadávající data do aplikace
- 3D tiskárna RepRap



Obrázek 14: Architektura řešení

Aplikace se skládá ze dvou částí:

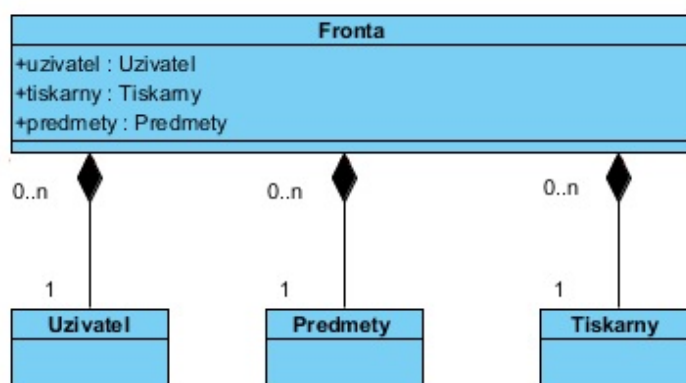
- Knihovny tříd RepRap\_ mappers
- Samotná aplikace s GUI

## 6.2 Knihovna tříd RepRap\_ mappers

Tato knihovna tříd slouží ke komunikaci s databází MySQL. Pro tuto komunikaci jsme vložili ovladač, který je volně dostupný, s názvem "mysql-connector-java-5.1.24". V knihovně tříd RepRap\_ mappers jsou uloženy metody, které obsahují SQL dotazy a entity databáze.

### 6.2.1 Třídy entit

Třídy **Uzivatel**, **Predmety**, **Tiskarny** a **Fronta** obsahují proměnné s metodami Get a Set, které slouží jako proměnné představující entity v databázi. Každá tato třída má dva konstruktory. Celá skupina tříd je umístěna v Java package s názvem **DTOs**. Vztahy mezi těmito třídami vidíme na stručném UML diagramu na obrázku 15.



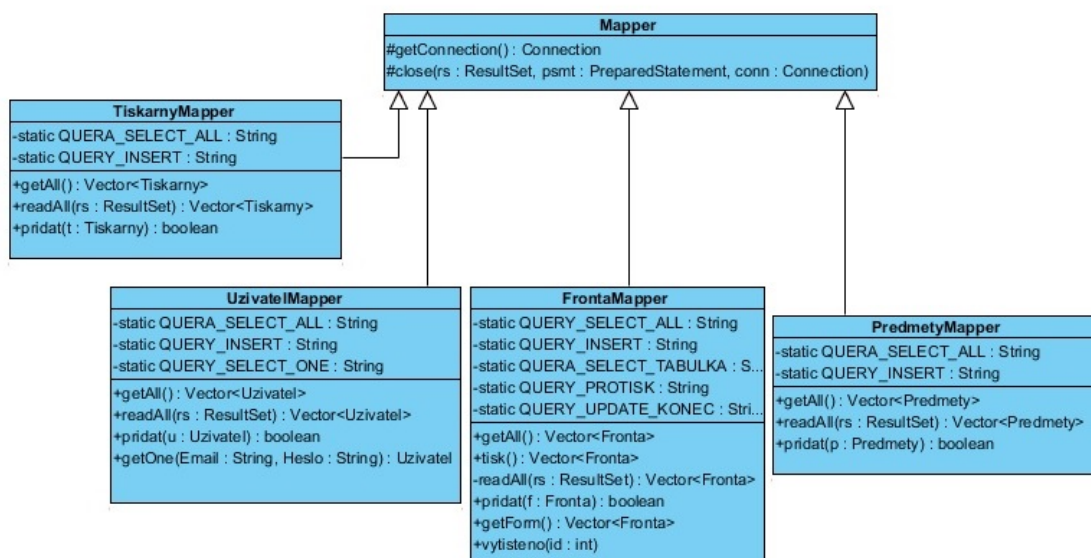
Obrázek 15: Stručný UML diagram entit

### 6.2.2 Třídy mappers

Třída Mapper obsahuje informace pro spojení s databází MySQL. Metoda **getConnection()** slouží, pro specifikaci jdbc driveru, nebo také k určení přihlašovacích údajů pro MySQL. Jejím voláním připojíme databázi. Dále obsahuje metodu **close(ResultSet rs, PreparedStatement pstmt, Connection conn)**, která slouží k uzavření spojení.

Skupina tříd **FrontaMapper**, **PredmetyMapper**, **TiskarnyMapper** a **UzivatelMapper** obsahují metody s SQL příkazy. Všechny tyto třídy obsahují metody:

- Metoda **getAll()**, která pomocí SQL dotazu, uloženého ve statické proměnné, vrací pole objektů všech údajů v tabulce. Využívá metodu **readAll()**.
- Metoda **readAll()** slouží k přiřazení databázových atributů do našich proměnných entit.



Obrázek 16: UML diagram tříd mappers

- Metoda **Pridat(objekt)** s parametrem daného objektu <sup>12</sup> slouží k přidání údajů do databáze.

Třída **FrontaMapper** má metody trochu rozdílné.

- Metoda **readAll()** má zde rozdíl, že využívá "hashmapy" k uložení celých tabulek. Tabulka Fronta je totiž vazební a tímto způsobem jsme aplikovali cizí klíče v ní.
- Metoda **getForm()**, která vrací pole objektů. Tato metoda slouží k vybrání dat, které zobrazujeme v naší aplikaci jako frontu tisku.
- Metodu **Tisk()** používáme v aplikaci jen k zjištění, zda je tisková fronta prázdná nebo ne.
- Metoda **Vytisteno(int id)**, která má parametr id pro identifikaci. Používá se při skončení konkrétního tisku k přiřazení data, kdy byl tisk dokončen.

Pro ukázkou máme vypsány SQL dotazy použity ve třídě Fronta. 2

```

Select * from Fronta
Select * from Fronta where Datum_tisku IS NULL
Insert into Fronta values (NULL,NULL,NOW(),?,?,?)
Select * from Fronta where Datum_tisku IS NULL and Datum_pridani is not null
Update Fronta set datum_tisku=NOW() where id_konkretni=?
  
```

Výpis 2: SQL dotazy ve třídě Fronta.

<sup>12</sup>Například Pridat(Tiskarny t) pro třídu Tiskarny

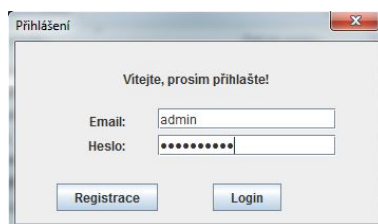
Třída **Uzivatel** má navíc metodu **getOne(String Email, String Heslo)**, která slouží k výběru jednoho uživatele a využíváme ji k přihlašování.

Všechny tyto třídy jsou umístěny v package s názvem **mappers**.

### 6.3 Uživatelské rozhraní kontrolního softwaru

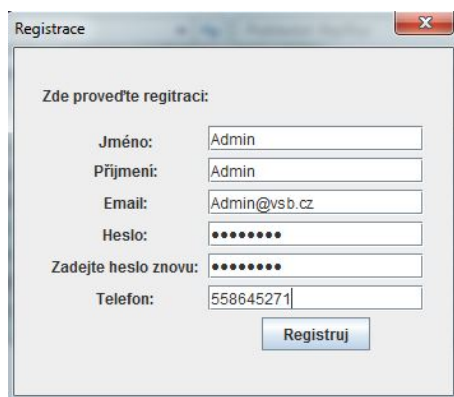
GUI jsme tvořili pomocí Javovské knihovny Swing. Můžeme díky ní vytvářet různé tlačítka, comboboxy a vše potřebné. Naše GUI se nachází v Java package s názvem "gui".

První po spuštění aplikace se spustí okno přihlášení. Jeho vzhled vidíme na obrázku 17. V tomto okně se můžeme rovnou přihlásit nebo registrovat.



Obrázek 17: Okno přihlášení

Při volbě registrace se otevře okno registrace, které máme zobrazeno na obrázku 18

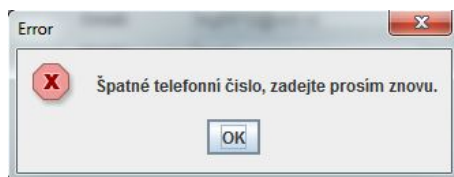


Obrázek 18: Okno registrace

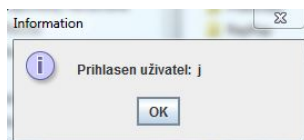
Při špatné volbě hesla nebo telefonního čísla, počet číslic není 9, se objeví chybová hláška zobrazena na obrázku.19

Po úspěšném přihlášení se nám zobrazí informační okno s jménem přihlášené osoby. To vidíme na obrázku 20. Při neúspěšném přihlášení se zobrazí opět chybová hláška zobrazena na obrázku21.

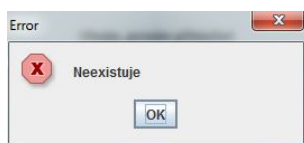
Po zavření informačního okna o přihlášení se spustí hlavní okno a dialog zda chceme zahájit tisk. Toto celé vidíme na obrázku 22.Zde máme možnosti přidání nového předmětu pro tisk, ohlásit volnou tiskovou plochu tlačítkem "Odebral jsem předmět!!", při-



Obrázek 19: Chybová hláška: Při zadání špatné délky telefonního čísla

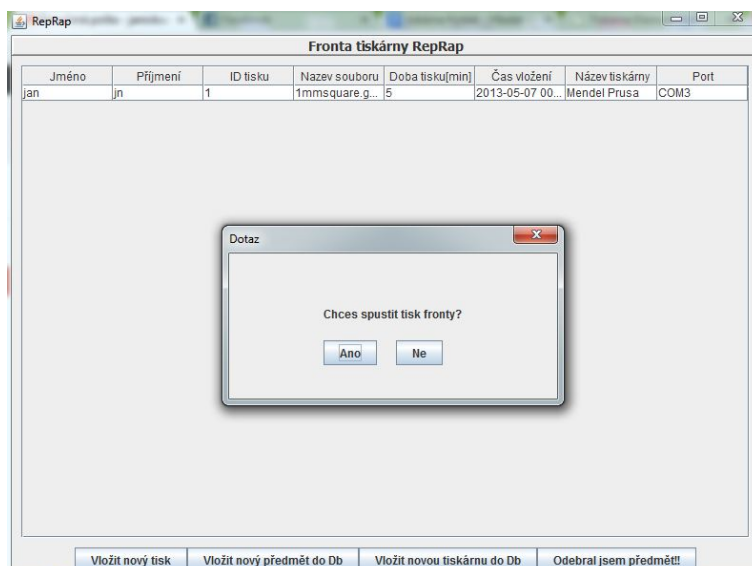


Obrázek 20: Úspěšné přihlášení

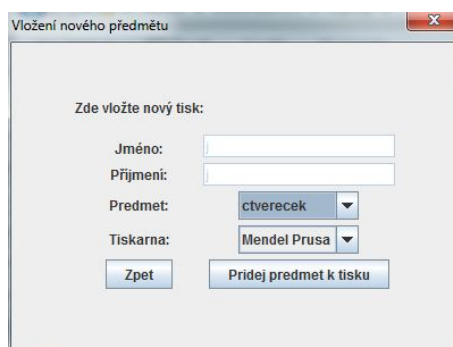


Obrázek 21: Chybová hláška: Při špatném loginu nebo heslu

dání nového předmětu nebo tiskárny do databáze. Při stisku tlačítka "Vložit nový tisk" se vyvolá okno pro vložení předmětu do fronty. Jeho vzhled vidíme na obrázku 23.

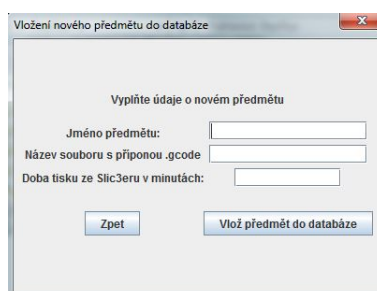


Obrázek 22: Hlavní okno

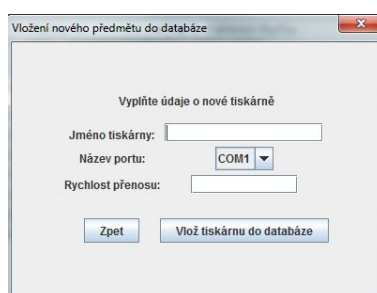


Obrázek 23: Okno pro přidání dalšího předmětu

Po vložení předmětu jsme opět na hlavním okně. Vidíme předmět přidán na konci fronty. Po dokončení tisku a manuálně odebrání předmětu s tiskové plochy se stiskne tlačítko "Odebral jsem předmět" a začne tisk dalšího předmětu ve frontě. Pro vložení nového předmětu nebo tiskárny do databáze slouží formuláře zobrazeny na obrázcích 24 a 25



Obrázek 24: Okno pro přidání předmětu do databáze



Obrázek 25: Okno pro přidání nové tiskárny

## 6.4 Samotná aplikace RepRap

Aplikace RepRap se skládá ze 4 Java package:

- cmd - Obsahuje třídu k posílání dat do tiskárny
- data - Obsahuje třídu k delšímu uchování určitých dat
- gui - Obsahuje třídy pro GUI - všechny tyto třídy obsahují metodu close() pro zavření okna.
- main - Obsahuje spouštěcí element aplikace, který obsahuje pouze spuštění dialogu pro přihlášení.

### 6.4.1 Třída PripojeniRepRap

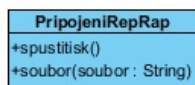
Tato třída slouží ke spuštění RepRap tiskárny. Spuštění tiskárny jsme vyřešili za použití scriptu napsaného v Pythonu, a malého scriptu pro cmd. První se do souboru s příponou .bat nahraje příkaz ke spuštění scriptu psaného v Pythonu. Je zde proměnná s názvem "soubor", která závisí na předmětu, který budeme tisknout. Soubor s příponou .bat se poté spustí. K tomuto používáme knihovnu z Javy s názvem **Process**, která obsahuje metodu **Runtime()**, která slouží ke spuštění scriptu.[8] Viz 3.

```
public void spustitisk () throws IOException{
    Process process = Runtime.getRuntime().exec("C:\\Users\\Janulka\\Desktop\\tisk_java.bat");
}
```

Výpis 3: Metoda spustitisk() využívající knihovnu Process

Třída PripojeniRepRap obsahuje dvě metody:

- spustitisk() - Metoda, která obsahuje spouštění scriptu s příponou .bat
- soubor(String soubor) - Této metodě předáváme parametr s názvem souboru předmětu, kterého chceme tisknout. S tímto parametrem se poté vytvoří script s příponou .bat



Obrázek 26: Třída PripojeniRepRap

### 6.4.2 Třída Data

Tato třída slouží pouze k uchování statických proměnných, k nezávislému uchovávání určitých dat.

- `uzivatel` - tato proměnná typu `Uzivatel`, nám slouží k uchování dat přihlášeného uživatele.
- `ID_prvni` - pomocná proměnná, typu `Integer`, na uložení prvního ID ve frontě tisku
- `nazevsouboru` - pomocná proměnná, typu `String`, pro uložení druhé pozice ve frontě
- `nazev_soubotu` - pomocná proměnná, pro dialog `TiskDialog` zda je fronta prázdná



Obrázek 27: Třída Data

### 6.4.3 Třída LoginDialog

Tato třída se spustí jako první v GUI a rozšiřuje třídu `JDialog`. Umožňuje možnost se přihlásit nebo registrovat. Po úspěšném přihlášení se vyvolá hlavní okno (třída `MainWindow`) a dialog (třída `TiskDialog`).

Přihlášení, které je řešeno ve funkčnosti tlačítka `login` ve zdrojovém kódu, je pod proměnnou `loginBtn`. Odtud je i ukázka kódu 4.

```

public void actionPerformed(ActionEvent e) {
    UzivatelMapper u = new UzivatelMapper();
    if (u.getOne(login.getText(), password.getText())==null)
    {
        Toolkit . getDefaultToolkit () .beep();
        JOptionPane.showMessageDialog(parent, "Neexistuje", "Error",
            JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
    }
    else
    {
        Data.uzivatel = u.getOne(login.getText(), password.getText());
        close();
    }
}
  
```

Výpis 4: Přihlášení

První se vytvoří instance `UzivatelMapper` 6.2.2. Poté se ptá zda zadané údaje existují. Když neexistují (rovnají se `null`), zazní zvukový signál a zobrazí se chybový dialog se zprávou "Neexistuje". Pokud je vše v pořádku, tak se data uživatele přesunou do statické proměnné a okno se zavře.



#### 6.4.4 Třídy RegisterDialog a TiskDialog

Třída RegisterDialog vyvolává třída **LoginDialog** 6.4.3 pro registraci uživatele. Na akčním tlačítku, které je v proměnné **regBtn** se zadané údaje uloží do databáze pomocí metody, ve třídě **UzivatelMapper**, s názvem **pridat(Uzivatel u)**. Data pro "Uzivatele u" se načtou z použitých **TextFieldu**.

Třída TiskDialog se vyvolá po úspěšném přihlášení uživatele. Zeptá se ho zda chce začít tisknout. Pokud uživatel zadá "ANO" začne tisk první položky v seznamu fronty. Pokud zadá "NE" může uživatel jen frontu spravovat. Při zadání tlačítka "ANO" při prázdné frontě, se vyvolá dialog se zprávou: "Není co tisknout, fronta je prázdná!!".

Obě tyto třídy dědí ze třídy **JDialog**.

#### 6.4.5 Třída NovyPredmet

Tato třída opět dědí ze třídy **JDialog**. Je vyvolána funkčním tlačítkem ve třídě **MainWindow** 6.4.6 a slouží k vložení předmětu do tiskové fronty.

Funkční tlačítko po stisku si ověří zda je fronta prázdná a nebo již ve frontě něco je. Pokud je fronta prázdná vloží předmět do databáze a zároveň spustí její tisk. Pokud je ve frontě nějaký předmět pouze ho přidá do databáze. Spuštění tisku vidíme v ukázce kódu 5. Po vytvoření instance třídy **PripojeniRepRap**, pošleme metodě **Soubor(String soubor)** jméno souboru, který obsahuje požadovaný předmět k tisku. A spustí metodu **spustitisk()**. Poté se aktualizuje hlavní okno a tento dialog se zavře.

---

```
PripojeniRepRap prr = new PripojeniRepRap();
prr.soubor(((Predmety)predmet.getSelectedItem()).getNazev_souboru());
try {
    prr.spustitisk();
} catch (IOException ex) {
    Logger.getLogger(NovyPredmet.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
}
```

---

Výpis 5: Spuštění tisku 1.předmětu ve frontě

#### 6.4.6 Hlavní formulář

Třída **MainWindow** rozšiřuje třídu **JFrame** a je hlavním oknem aplikace. Vytváří tabulku, která obsahuje údaje tiskové fronty. Má funkční tlačítka pro vložení nového předmětu a tlačítko "Odebral jsem předmět", které má název proměnné **odeber**. Toto tlačítko pomocí metody **vytisteno(int id)** nastaví aktuální datum a čas do databáze, zahájí tisk dalšího předmětu ve frontě.

## 7 Použití aplikace - návod

Tento jednoduchý návod by měl sloužit pro všechny co si chtějí frontu zprovoznit. Je zapotřebí mít doma funkční tiskárnu s firmwarem Kliment. Frontu RepRap si rozbalíme na disk C: . Jsou zde připraveny 3 zkušební předměty. Poté si vytvoříme databázi MySQL na root s heslem:"koblih"<sup>13</sup>

Fronta\_RepRap.zip obsahuje tyto části:

- RepRap - samotná aplikace
- RepRap\_mapper - knihovna tříd pro RepRap
- printcore.py - Python protokol pro spuštění tisku
- Predmety - složka se třemi zkušebními předměty
- STL - složka se soubory s příponou .stl, s kterých byly vytvořeny předměty pro tisk
- SQL - obsahující scripty pro tvorbu databáze v MySQL
- RepRap-spouštěč - zástupce spustitelného souboru

---

<sup>13</sup>Pokud chcete jiné heslo upravte prosím třídu, ve složce RepRap\_mapper, s názvem "Mapper.java"

## 8 Závěr

Hlavním cílem práce bylo sestavení 3D tiskárny RepRap. Byl sestrojen model RepRap Mendel Průša, který je možno dál upravovat. Při jeho stavbě nastalo pár problémů, které se nakonec vyřešili. Nastal problém s jedním kusem trysky, který se ulomil. Naštěstí šel PTFE materiál sehnat a rychle se vysoustružil nový. Dalším problémem byl šroub podávající plast, na tuto chybu se přišlo až při testování, kdy se zoubky šroubu ucpaly. Vytvořil se nový šroub s většími zuby.

Byl sestrojen software pro tiskovou frontu, která by uvítala další vývoj, jak uživatelského rozhraní, tak samotné aplikace. Mohly by se přidat další funkce pro tiskárnu. Převod souboru .stl přímo na .gcode. Nebo taky rozpočítání tiskové plochy, aby tiskárna tiskla více předmětů z fronty najednou. Dalším přírůstkem do aplikace by mohl být 3D modeler na sestavení jednoduchých 3D modelů. Například pro tisk vystouplých písmen nebo vyražení popisů do 3D modelu.

Tato práce mě zcela obohatila a bavila. Při výběru téma na Bakalářskou práci jsem vůbec nevěděla, které vybrat. Po nabídce sestrojení RepRap tiskárny jsem neváhala. Poprvé jsem se s RepRapem seznámila na Google Developer Day 2011, kde přednášel samotný Josef Průša, a 3D tisk mě zaujal. RepRap komunita v České republice je velmi ochotná a pomůže opravdu s jakýmkoli problémem.

RepRap nám dokazuje, že 3D tisk již není nic nedostupného, a může si ho doma zprovoznit úplně kdokoli. Cenu pořízení 3D tiskárny se snaží tvůrci RepRapu neustále snižovat, aby byla více a více přístupnější.

## 9 Reference

- [1] *3D innovations* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://www.3d-innovations.com/blog/?tag=charles-hull>
- [2] *Informace o technologiích 3D tisku*. 4ISP SPOL. S.R.O. Easy CNC [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://www.easycnc.cz/inpage/informace-o-technologiich-3d-tisku/>
- [3] ROEBUCK, Kevin. *3d printing* s.l: Emereo Pty. Ltd. ISBN 978-174-3042-700
- [4] *RepRap* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: [http://reprap.org/wiki/RepRap\\_Options](http://reprap.org/wiki/RepRap_Options)
- [5] *RepRap* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://reprap.org/wiki/ABS>
- [6] *RepRap*, [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://reprap.org/wiki/PLA>
- [7] Eko-Plasty.cz bioplasty, jednorázové a nádobí do kuchyně *Informace o bioplastu PLA* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://www.eko-plasty.cz/bioplasty-pla/>
- [8] *Dokumentace Oracle* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/lang/Process.html>
- [9] *Ignite - GDD2011* [youtube]. [cit. 201-03-04]. Dostupné z: [http://www.youtube.com/watch?v=FGwBdR84\\_8Y&list=LLzGjbgDK-ae7O6sNRfhnwNw](http://www.youtube.com/watch?v=FGwBdR84_8Y&list=LLzGjbgDK-ae7O6sNRfhnwNw). <http://josefprusa.cz/about-me>